Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 33 (1942)
Heft: 15

Artikel: 90 Jahre Hasler-Werke
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061668

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

1. Schritt: Pfeil I unter «*C*»-Wert stellen; über *U* den Wert I_c ablesen.
2. Schritt: Pfeil II unter I_c stellen; unter *U* den Wert P_r ablesen.

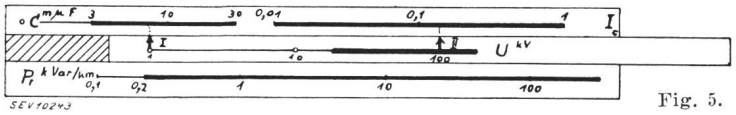

Fig. 5.

Beispiel 4.

$$f = \frac{a^2 \gamma}{8 p}$$

f Durchhang in m; a Spannweite in m; p Zugbeanspruchung in kg/mm²; γ spezifisches Gewicht in kg/cm³.

Die Gleichung logarithmiert ergibt:

$$\log f = 2 \log a + \log \gamma - \log p - \log 8$$

	Bereich
f	0,01 ...1 m oder 1...100 cm
a	10 ...100 m
p	1 ...100 kg/mm²
γ	0,001...0,1 kg/cm³ oder 1...100 kg/dm³

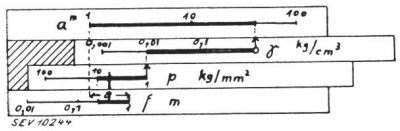

Fig. 6.

Fig. 6 zeigt den Aufbau des Schiebers, wie er direkt aus der Gleichung abgelesen werden kann. Der Schieber hat zwei Zungen.

Fig. 7 zeigt, wie der Schieber in der Länge reduziert werden kann, indem der Ablesepfeil der Skala γ um 1 Einheit nach links, der Ablesepfeil der Leiter p um 2 Einheiten in gleicher Richtung

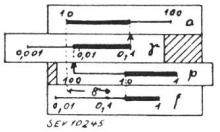

Fig. 7.

und die Skala f dementsprechend um 3 Einheiten nach rechts verschoben wird.

Fig. 8 zeigt eine Vereinfachung, indem nur 1 Zunge verwendet wird. Die Leitern p und γ werden aneinandergehängt (gemeinsamer Nullpunkt), wobei die Skala p reziprok ist.

Fig. 9 zeigt in ähnlicher Weise, wie der Schieber in seiner Länge reduziert werden kann.

In Fig. 10 ist endlich gezeigt, wie ein solcher Schieber mit einfachen Hilfsmitteln aus gefaltetem Papier hergestellt werden kann.

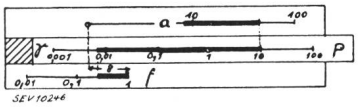

Fig. 8.

Es kommt oft vor, dass logarithmische Skalen in verschiedenen Maßstäben verwendet werden

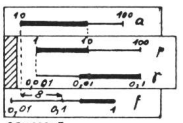

Fig. 9.

müssen. Dazu empfiehlt es sich, ein Hilfsmittel entsprechend Fig. 11 herzustellen. Mit dem Zirkel können für alle Maßstäbe die entsprechenden Strecken abgegriffen werden.

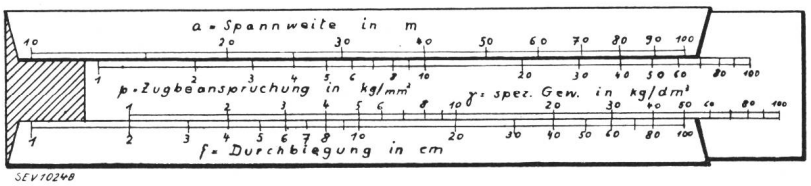

Fig. 10.

Zum Schluss sei erwähnt, dass im Handel Son-

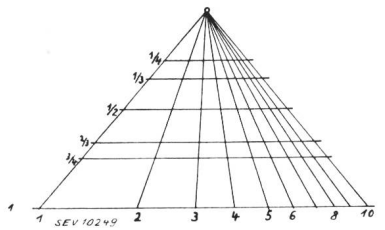

Fig. 11.

derrechenschieber ohne Skala erhältlich sind, die nach Bedarf ausgefüllt werden können.

90 Jahre Hasler-Werke

Die Zahl der technischen Fabrikationsunternehmungen in der Schweiz, die schon ihren 90. Geburtstag feiern konnten, ist wohl nicht gross. Das Jubiläum, das die Firma Hasler A.-G., Bern, dieses Jahr feiert, ist schon aus diesem Grunde erwähnenswert. Es gibt uns aber auch Gelegenheit, an diesem gewissermassen «klassischen» Beispiel zu zeigen, was schweizerische Gründlichkeit, Ausdauer und Unternehmungslust schaffen können. Die Firma Hasler dürfte überhaupt die einzige elektrotechnische Unternehmung der Schweiz sein, die auf dieses respektable Alter zurückblicken kann.

Gegründet im Jahre 1852 als staatliches Unternehmen unter dem Namen «Eidgenössische Telegraphenwerkstätte», war es die Aufgabe dieser Werkstätte, die Elektrizität, die eben begonnen hatte, sich ausserhalb der Laboratorien der Physiker und Naturforscher nützlich zu machen, technisch auszuwerten und damit eine eigentliche Elektrotechnik in der Schweiz zu entwickeln. Diese neue Technik umfasste im wesentlichen nur den Telegraphen in seinen wenigen damals bekannten Ausführungsformen. Die Herstellung von Telegraphenapparaten nach dem System Morse war der ausschliessliche Zweck der Gründung der Eidgenössischen Telegraphenwerkstätte. Dieser Aufgabe, der Schaffung von Apparaten für die Nachrichtenübermittlung, ist die Firma Hasler, als Nachfolgerin der Eidgenössischen Telegraphenwerkstätte, bis heute — mutatis mutandis — treu geblieben: ihr jüngster Fabrikationszweig, der Bau von Hochfrequenzsendern, ist die moderne Entwicklung und Erweiterung des ursprünglichen Fabrikationsprogramms.

Es ist immer lehrreich und unterhaltend zugleich, den Lebenslauf von erfolgreichen Männern oder aufgeblühten Unternehmungen zu verfolgen. Die Firma Hasler A.-G. gab zur Feier ihres Jubiläums eine gediegene Erinnerungsschrift «90 Jahre Fernmeldetechnik und Präzisionsmechanik» heraus, der wir im folgenden einige wichtige Daten entnehmen.

Wie erwähnt, gründet sich die heutige Unternehmung auf die «Eidgenössische Telegraphenwerkstätte», die der Bundesrat im Jahre 1852 ins Leben rief. Ihr erster Leiter war *Matthias Hipp* aus Reutlingen (Württemberg), dem zur Unterstützung im Januar 1855 der junge Berner Mechaniker *Gustav Adolf Hasler* als Adjunkt beitrat. In dieser Werkstätte an der Metzgergasse in Bern wurden bald neben Morseapparaten und ihrer Zubehör auch elektrische Uhrenanlagen, Glockenzüge und physikalische Apparate hergestellt. Vorübergehend beschäftigte man sich ferner mit der Fabrikation von Telegraphen-Seekabeln, die in schweizerischen Seen zur Verlegung kamen. Auch die zahlreichen Telegraphenapparate, die die Werkstätte verliessen, waren nicht ausschliesslich für die Telegraphenverwaltung bestimmt, woraus ersichtlich ist, dass dieser staatliche Betrieb weitgehend nach privatwirtschaftlichen Grundsätzen geleitet worden ist. Im Jahre 1860 trat der bisherige Leiter der Werkstätte, M. Hipp, aus und gründete in Neuenburg einen eigenen Betrieb gleicher Art. Das eidgenössische Finanzdepartement, dem die Werkstätte unterstellt worden war, konnte G. Hasler, der ebenfalls Rücktrittsabsichten gehegt hatte, zur Uebernahme der Werkstätteleitung auf 1. September 1860 veranlassen.

Am 1. Januar 1865 übernahmen G. A. Hasler und der damalige eidgenössische Münzdirektor, *Heinrich Albert Escher* aus Zürich, die eidgenössische Telegraphenwerkstätte käuflich. Die Firma blieb aber weiterhin Lieferantin der Telegraphenverwaltung und besorgte für diese die Reparaturen der Anlagen. Die Morseapparate waren stetig verbessert worden: an Stelle der Einprägung der Morsezeichen mittels trockenem Schreibstift in Reliefschrift auf den Papierstreifen trat der Farbschreiber mit Tintenstift und Farbrädchen, der geringere Leistung benötigte, wodurch die Zwischenrelais und Lokalbatterien auf den Telegraphenstationen wegfallen konnten. Es wurde ferner ein Apparat für wahlweisen Arbeits- und Ruhestrom-Betrieb (Fig. 1) konstruiert. Daneben baute

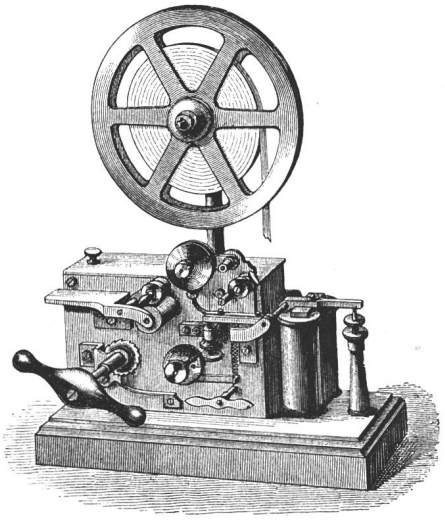

Fig. 1.
Morse-Telegraphenapparat
mit Farbschrift, für Arbeitsstrom.
(Aus dem Katalog von 1879.)

die feinmechanische Werkstätte meteorologische Registrierinstrumente in hoher Vollkommenheit. In Anerkennung dieser für die Wissenschaft wertvollen Leistungen wurde G. A. Hasler im Jahre 1875 von der Universität Bern der Titel eines Ehrendoktors verliehen. Das Fabrikationsprogramm der Firma wurde ferner durch den Bau von Chronographen, Wasserstandsfernmeldeapparaten und Postschlossfächern erweitert. Nach dem Tode des zweiten Inhabers, A. Escher, im Jahre 1879, stand Gustav Hasler der Firma allein vor. Ungefähr zur selben Zeit unternahm die Telegraphenverwaltung Versuche mit Telephonen, die über England und Deutschland aus Amerika nach Europa gekommen waren. Wenige Jahre später führte ein Katalog der Firma Hasler bereits zahlreiche Telephonapparate und Zubehör als Fabrikationsgegenstände auf (Fig. 2). In diese Zeit fällt auch die Aufnahme der Fabrikation von Lokomotiv-Geschwindigkeitsmessern (System Hausshälter). Der verbesserte Typ dieses Apparates ist auch heute noch wegen seiner Zuverlässigkeit und soliden Ausführung bei einzelnen Bahnverwaltungen beliebt und in Gebrauch und wird deswegen immer noch gebaut. Das Messprinzip dieser Apparate, das sich sehr bewährte, wurde bei allen Konstruktionen beibehalten und auch bei den später in Fabrikation genommenen Tourenzählern für Automobile

Fig. 2.
Sprech-Hör-Telephon (Kuhhornform).
(Aus dem Katalog von 1898.)

und Flugzeuge und bei den Handtourenzählern angewandt. Die Geschwindigkeit wird dadurch bestimmt, dass der Zeiger des Instruments bei einer Messung während einer bestimmten Zeit (z. B. ½, 1 oder 3 s) durch ein Präzisionsuhrwerk mit dem Antrieb starr gekuppelt wird und also während dieser kurzen Zeit die Umdrehungen (oder den dazu proportionalen zurückgelegten Weg) misst.

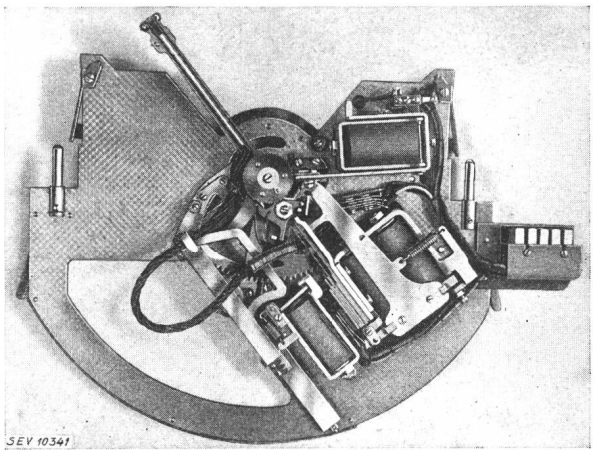

Fig. 3.
Hasler-Kulissenwähler.

Nachdem im Laufe dieses Jahrhunderts der Telegraph immer mehr an Bedeutung einbüsste und durch das Telephon, welches besonders infolge der Automatisierung einen riesigen Aufschwung auch in der Schweiz nahm, verdrängt wurde, nahm die Firma Hasler den Bau dieser neuen Apparate und Anlagen intensiv auf. Das Telephonautomatik-System der schwedischen Firma L. M. Ericsson in Stockholm wurde von Hasler benützt, weitgehend den schweizerischen Verhältnissen angepasst und weiter entwickelt. 1925 baute Hasler die erste automatische Land-Telephonzentrale in Winkeln (St. Gallen). Damit begann ein neuer und wichtiger Zeitabschnitt in der Geschichte der Firma. 1931 trat die Firma erfolgreich mit einem selbst entwickelten neuen System für grosse automatische Telephon-Zentralen auf. Fig. 3 zeigt den Hasler-Kulissen-Wähler. Dieser Wähler stellt ein typisches Erzeugnis Haslerschen Apparatebaues dar.

Durch unermüdliche Weiterentwicklung dieser automatischen Telephonanlagen gelang es dem Unternehmen, seine Erzeugnisse so weit zu vervollkommnen, dass sie den ausländischen ebenbürtig wurden und ihm der Ausbau zahlreicher Land-Telephonzentralen und -Netze übertragen wurde. Diesen Landämtern mit je einigen hundert Teilnehmeranschlüssen folgte die erste Gross-Zentrale, Olten, die Hasler mit 2000 Teilnehmeranschlüssen im Jahre 1932 baute. Bereits 1934 kam die zweite Hasler-Grosszentrale, Luzern, mit 8000 Anschlüssen in Betrieb.

Seither hat Hasler A.-G. nicht nur viele weitere automatische Telephonanlagen für die PTT gebaut, sondern ihre Bemühungen ebensosehr auf die Vervollkommnung der auto-

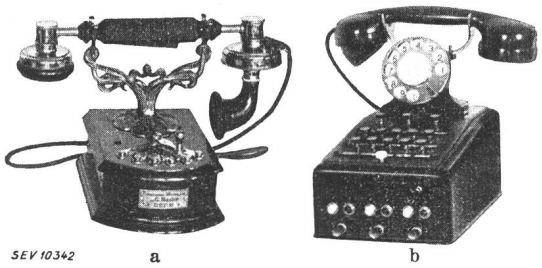

Fig. 4.
Tischtelephonapparate.
a Apparat mit Linienwähler für Hausverkehr. (aus dem Katalog von 1912.)
b Apparat mit Linienwähler für Haus- und Amtsverkehr. (Modell 1930.)

Linienwähler (Fig. 4). Ein Bild einer modernen Zentrale für Handbetrieb zeigt Fig. 5, und in Fig. 6 erkennt man eine als Knotenamt ausgebildete automatische Landzentrale. Interessant ist auch die Entwicklung eines wichtigen Elementes der modernen Telephonautomatik, des Zeit-Zonen-Zählers. Dieser Apparat dient zur Einleitung der periodisch alle 3 Minuten erfolgenden Zählung bei den automatisch hergestellten Ferngespräche. Fig. 7 zeigt das Aeussere dieses Apparates in seinen vier Entwicklungsstufen von den Jahren 1926 bis 1936. Bei den Modellen 1926 und 1929 war die Gesprächsdauer noch auf 12 Minuten beschränkt, und die Genauigkeit der Zeitmessung bei der Taxberechnung betrug $180\,^{+5}_{-0}$ s; die beiden letzten Modelle, die eine wesentliche Konstruktionsänderung erkennen lassen, eignen sich für die Zählung unbeschränkt lange dauernder Gespräche mit einer Messgenauigkeit von $180\,^{+2}_{-0}$ s.

Weitere wichtige Apparate aus dem Gebiete der Telephontechnik sind die Kassierstation Typ M für Lokal- und Ferngespräche, die eine aussergewöhnliche Vollkommenheit aufweist, sowie der Anruf-Umleiter. Dieser Apparat gestattet

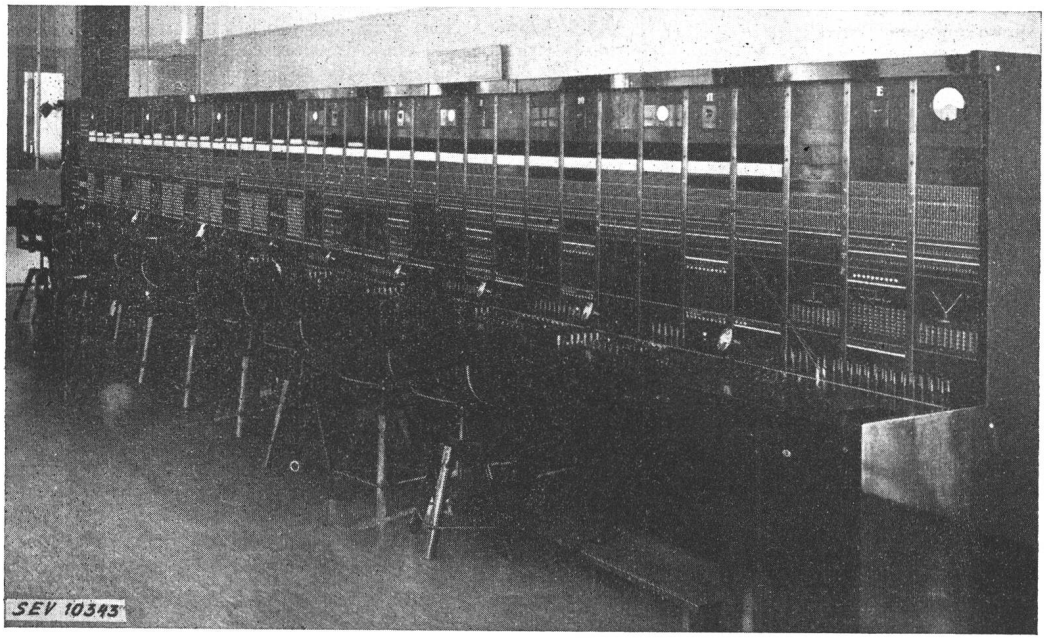

Fig. 5.
Schrankreihe einer modernen Handzentrale.
ZB-Universalzentrale Kreuzlingen.

matischen und nicht automatischen Hauszentralen gerichtet. Dass man stets nicht nur die technische Seite der Apparate verbesserte, sondern auch bei der Gestaltung der Konstruktionen modernen Anschauungen der Aesthetik Rechnung trug, beweist z. B. die Entwicklung des Tischtelephonapparates mit

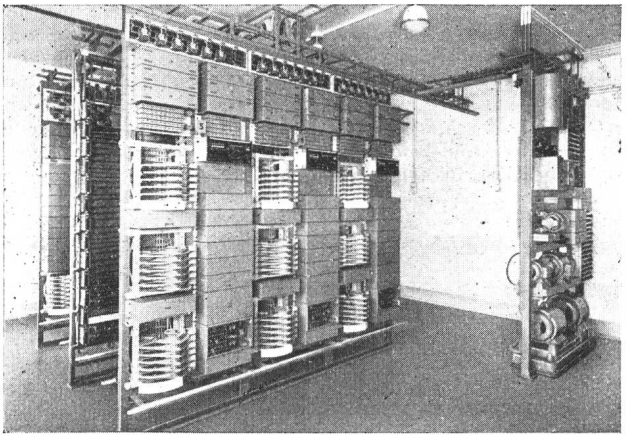

Fig. 6.
Automatische Landzentrale, als Knotenamt ausgebildet.
1000er Knotenamt Typ HS 31 für 300 Teilnehmer (Turbental) und 1 angeschlossenes Endamt (Bauma).

einem Telephonteilnehmer, auf bequemste und rascheste Weise die bei seiner Abwesenheit ankommenden Anrufe automatisch auf eine zum voraus beliebig einstellbare andere Nummer zu leiten. Da der Apparat im Bulletin SEV schon beschrieben worden ist [1]), kann hier auf eine nähere Darlegung seiner Arbeitsweise verzichtet werden.

Zur Prüfung der Einstellung von Impulsgebern und Impulsübertragungsapparaten in der Telephonautomatik (z. B. Nummernschalter, Relais) wurde ein empfindliches Registriergerät, der Impulsschreiber, gebaut, der mit einer Genauigkeit von 3...4 ms arbeitet.

Veranlasst durch einen Rückgang im Beschäftigungsgrad hat die Hasler A.-G. im Jahre 1923 die Fabrikation von Frankiermaschinen aufgenommen. Dieses Erzeugnis der Werkstätte für Präzisionsmechanik wurde seither zu einem universell verwendbaren Stempelgerät entwickelt, das in zahlreichen Staaten von den Postverwaltungen Anerkennung gefunden hat, das aber auch für viele andere Abstempelungsarbeiten gut gebraucht werden kann.

Im Zusammenhang mit der Herstellung von Bahn-Telegraphenapparaten und Läutevorrichtungen hat Hasler auch Signalapparate, Eisenbahnsignale und vor allem Streckenblockapparate gebaut und pflegt diese Fabrikation bis heute weiter. In neuerer Zeit sind die bekannten Signalanlagen zur Regelung des Strassenverkehrs dazugekommen.

Für das neueste Gebiet der elektrischen Nachrichtentechnik, die Hochfrequenzübertragung, wurde das Unternehmen

[1]) Bull. SEV 1940, Nr. 25, S. 590.

durch eine Fabrikationsabteilung für den Bau von Grosssendern erweitert, aus welcher u. a. der bekannte Kurzwellensender Schwarzenburg [2]) hervorgegangen ist. Daneben wurden auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik zahlreiche Spezialapparate entwickelt, wie Sende- und Empfangsgeräte im Dezimeterwellengebiet [3]), zur Verwendung bei Militär, Polizei, Feuerwehr usw. Von Interesse ist auch die Radiosonde, ein kombiniertes meteorologisches Gerät, das mit Hilfe dreier Ballons aufgelassen wird und in Abständen von 30 s Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Höhe durch Hochfrequenzimpulse mittels eines kleinen Kurzwellensenders selbsttätig zur Erde übermittelt, wo sie aufgenommen und registriert werden können. Das Gewicht dieses kleinen Apparates, den Fig. 8 zeigt, beträgt betriebsfertig mit Batterien nur etwa 1,1 kg.

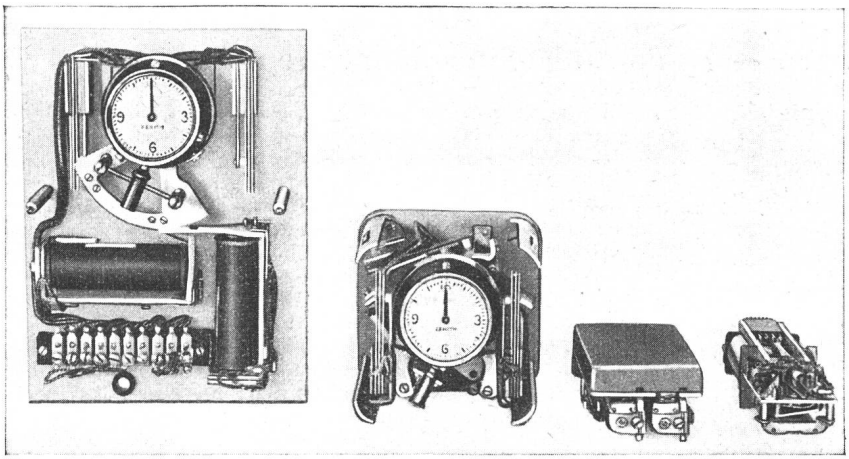

Fig. 7.
Entwicklung des Zeit-Zonen-Zählers.

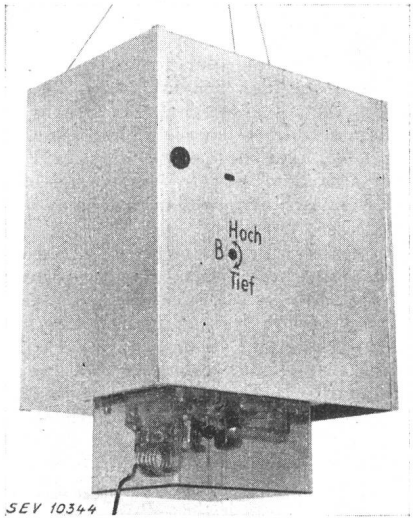

Fig. 8.
Radiosonde.
Messinstrument in Metallgehäuse, Kurzwellensender in durchsichtigem Gehäuse.

Spezialitäten der Firma Hasler sind die Peilgeräte für den Flugsicherungsdienst [4]) und Bord-Sender und -Empfänger für Flugzeuge. Ausserdem baut die Firma weitere Bordinstrumente und -apparate (Tourenzähler, Leistungsstundenzähler, Doppelzündmagnete usw.), für deren Vertrieb eine eigene Verkaufsorganisation, die Peravia A.-G., Bern, gegründet worden ist.

Aus der kleinen Eidg. Telegraphenwerkstätte haben sich im Laufe von 90 Jahren die Hasler-Werke zu einem Unternehmen entwickelt, das sich heute stolz das grösste und älteste schweizerische Fabrikationsunternehmen der elektrischen Nachrichtentechnik nennen darf. Zur Feier ihres hohen Jubiläums lud die Firma kürzlich zahlreiche Gäste zur Fabrikbesichtigung ein. Am 22. Juni 1942 besuchten die Bundesräte Celio und Kobelt als Vertreter des Bundes, General Guisan und Generalstabschef Huber als Vertreter der Armee die Werke. An dieser offiziellen Jubiläumsfeier nahmen auch Vertreter des bernischen Regierungs- und Gemeinderates sowie leitende Herren der PTT, der SBB, der KTA und des Eidg. Luftamtes teil.

Für die Presse wurde am 25. Juni ein besonderer Pressetag organisiert, an dem neben der Fachpresse der ganzen Schweiz auch die Tageszeitungen der Bundesstadt teilnahmen. In vorzüglich geführten kleinen Gruppen wurden die Gäste durch die Fabrikationsräume des grossen Fabrikkomplexes an der Schwarztorstrasse und der beiden Gebäude im Liebefeld geführt. Mit Genugtuung bemerkten die Besucher den guten Beschäftigungsgrad des Unternehmens. Ueberall waren fleissige Hände an der Arbeit, die zahlreichen Einzelteile und Apparate zusammenzufügen. Die Bauelemente und viele Teilapparate für die Erzeugnisse der Hasler A.-G. werden in Serienfabrikation in der Tochterunternehmung der Firma, der Favag S. A., Neuenburg, hergestellt. Für die meisten Apparategehäuse und Bestandteile wurden schon früher Leichtmetall und Zink-Aluminium-Legierungen, diese besonders für die vielen Spritzgussteile, verwendet. Interessant waren die umfangreichen Verdrahtungsarbeiten für die Telephonautomaten- und Relaisgestelle am Nagelbrett und die Montagearbeiten an den Wählergestellen neuer Automatenzentralen (Thun, Biasca usw.). Einen wichtigen Platz nehmen in einer Apparatefabrik, gerade auch mit Rücksicht auf die Serienfabrikation, die Bohrerei und Stanzerei ein. Hasler A.-G. hat in einem grossen Werkzeuglager von Lehren und Vorrichtungen zum Stanzen und Pressen mehrere hunderttausend Franken investiert.

In den Werkstätten Liebefeld besichtigte man die Fabrikation der Geschwindigkeitsmesser, die Hochfrequenzabteilung, in der die Großsender gebaut werden, und die gut eingerichtete Lehrlingswerkstatt.

Am Mittagessen, zu dem die Teilnehmer von der gastfreundlichen Firma ins Hotel Schweizerhof eingeladen worden waren, gab Herr Direktor *E. Glaus* einen kurzen Ueberblick über die gegenwärtige Struktur der Firma und ihr Geschäftsprinzip. Seinen Worten entnehmen wir: Hasler A.-G. beschäftigt mit ihrer Tochterunternehmung Favag S. A. etwa 2000 Arbeiter und Angestellte, bei einem Aktienkapital von nur 3 Millionen Franken. Das allein zeigt schon, dass das Unternehmen äusserst arbeitsintensiv ist. In den Erzeugnissen der Firma steckt sehr viel Arbeit und nur wenig, etwa 10 bis 15 %, Material. Bei einigen der neuesten Erzeugnisse ist der Anteil der Materialkosten sogar kleiner als 10 %. Dieser Umstand erleichtert der Firma auch in der gegenwärtigen Zeit der Materialknappheit das Durchkommen und die Aufrechterhaltung des Betriebes. Die Unternehmung hat sich bewusst eine breite Basis auf dem Inlandsmarkt aufgebaut, um von den Risiken des Exportgeschäftes nicht allzusehr abhängig zu sein. Die meisten Lieferungen tätigt sie an die eidgenössische Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Wichtige Lieferungen, mit denen sie ihr Können und ihre Leistungsfähigkeit bewies, waren die Einrichtung der automatischen Telephonzentralen Olten, Winterthur, Luzern sowie vieler andern Anlagen in der ganzen Schweiz und der Bau des Kurzwellensenders Schwarzenburg. Die Hasler A.-G. bemüht sich stetsfort, mit der Entwicklung der Technik zu marschieren und hält sich deshalb einen hervorragenden Mitarbeiterstab. In diesem Sinne schenkte sie aus Anlass ihres Jubiläums 100 000 Franken, die verschiedenen technischen Lehranstalten der Schweiz [5]) für den Ausbau und die Förde-

[2]) Bull. SEV 1939, Nr. 1, S. 28, und Nr. 14, S. 380.
[3]) Bull. SEV. 1940, Nr. 25, S. 589; 1942, Nr. 11, S. 323.
[4]) Ueber diese Apparate referierte Dr. Ch. Robert an der 6. Hochfrequenztagung des SEV vom 6. 6. 1942. Der Vortrag wird demnächst im Bulletin veröffentlicht werden.

[5]) Bull. SEV 1942, Nr. 12, S. 355.

rung des Unterrichtes auf dem Gebiete der Nachrichtentechnik dienen werden. Aber auch ihre langjährigen, treuen Mitarbeiter hat die Geschäftsleitung nicht vergessen und zu deren Gunsten die Wohlfahrtsstiftungen mit 700 000 Franken bedacht. Im gesamten hat die Unternehmung bisher 4,5 Millionen Franken an Fürsorgestiftungen aufgewendet.

Im Kreise der Firma selbst fand am 27. Juni in Montreux eine Feier statt, an der alle Betriebsangehörigen mit mindestens 10 Dienstjahren, rund 650 Personen, teilgenommen haben. Zur Pflege des Zusammengehörigkeitsgefühls unter dem Personal wird seit 1941 eine eigene Werkzeitung herausgegeben. So darf das Unternehmen in seinem 90. Geburtsjahr mit Genugtuung auf seine bisherige erfreuliche Entwicklung zurückblicken und, auf dem alten soliden Fundament weiter bauend, auch dem nächsten, zehnten Jahrzehnt seines Bestehens zuversichtlich entgegenschauen. *Bz.*

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Betrachtungen über Starkstromnetze

[Nach J. Müller-Strobel, Zürich, Arch. Elektrotechn., Bd. 36 (1942), Heft 1, S. 32; Heft 5, S. 332; E. u. M., Bd. 60 (1942), Heft 21/22, S. 224]

621.311.1

1. Einleitung

Die bisher für die Berechnung von verzweigten Netzen der Starkstromtechnik angewandten Methoden [1]) waren die umkehrbare Stern-Dreieck-Transfiguration von Kennelly, die nicht umkehrbare Stern-Maschenwerk-Transfiguration für n Eingangspunkte in einem n-strahligen [2]) Stern. Oefters führte auch eine beschränkt äquivalente Transfiguration bei nicht zu stark vermaschten Netzen bei einer erträglichen Einbusse an Genauigkeit zum Ziele. Die Bestimmung der Strom- und Leistungsverteilung wurde unter Zugrundelegung des Superpositionsprinzipes vorgenommen, indem man den elektrischen Zustand als Ueberlagerung von Teilzuständen auffasste, jeden Teilzustand aber dadurch charakterisierte, dass nur die an einem Punkt zugeführte Spannung endliche Grösse besitzt, während alle andern gleich Null sind.

Diese erwähnten Rechenverfahren liefern besonders für stark verzweigte, bzw. vermaschte Netze und Netze mit langen Leitungen nicht befriedigende Ergebnisse. Deshalb hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, die für Starkstromnetze grundlegenden mathematischen Beziehungen aus der Theorie der linearen Wechselstromschaltungen mit Hilfe der linearen Algebra abzuleiten [3]) [4]). Im folgenden wird der Gedankengang dieser Theorie dargelegt.

2. Aufgabenstellung und Lösungsweg

Wünscht man neben dem Betriebsstrom und einem Dauerkurzschlußstrom auch die Wirk-, Blind- und Scheinleistung von p Synchrongeneratoren in einem beliebig gestalteten Netz [5]) von n Leitern zu kennen, so ist man gezwungen, das Netz in einen orientierten Streckenkomplex überzuführen. Es entstehen dann Gebilde wie:

ein vollständiger Baum als ein System von Leitern, welches jeden Knotenpunkt mit jedem andern Knotenpunkt verbindet, diese Eigenschaften aber nach Fortnahme irgendeines Zweiges verliert,

Maschen oder Kreise, als eine Folge von Leitern oder Zweigen, von denen jeder folgende mit dem vorhergehenden und der letzte mit dem ersten durch einen Knotenpunkt verknüpft sind,

ein System unabhängiger Zweige, welches ein System von Zweigen darstellt, welches aus dem Streckenkomplex nach der Fortnahme eines vollständigen Baumes übrig bleibt.

Als weitere Stufe folgt das Aufstellen der Stromverzweigungsgleichungen mit Hilfe der Kirchhoffschen kombinatorischen Regeln. Da an den Knotenpunkten der Starkstromnetze keine Energiequellen vorhanden sind, welche eine Potentialdifferenz im Knotenpunkt selbst erzeugen, werden die Verknüpfungszahlen m zwischen Leitern und Knotenpunkten nicht eingeführt. Den Leiterströmen wird jedoch beim Orientieren des Netzes je nach Richtungssinn das + oder — Zeichen vorgesetzt, was zweckmässig mit der Verknüpfungszahl s, auch Stromrichtkoeffizient genannt, erfolgt. Eine nächste, sehr wichtige Beziehung zwischen den Schaltelementen und den wirksamen Spannungen stellt die sogenannte Strommaschen- oder kurz Maschen-Gleichung dar.

Während nun für den Schwachstromtechniker die wesentlichste Aufgabe darin besteht, die Eigenschaften der Schaltungen für komplexe Werte des Frequenzparameters mit Hilfe der Theorie der analytischen Funktionen zu suchen und erst zum Schluss die Struktur der Schaltungen im Sinne einer Realisierbarkeit zu bestimmen, interessiert den Starkstromtechniker die Beanwortung folgender Fragen: Wie gross sind die Wirk-, Blind- und Scheinleistungen der Synchrongeneratoren bei einem vorgegebenen Netzzustand? Wie ist die Leistungsverteilung auf jede einzelne Maschine oder auf die in einem Werk zusammengefassten Maschinengruppen in Abhängigkeit von den Netzkonstanten (Impedanzen), dem Betrag der innern Spannungen, bzw. der Polradspannungen der verschiedenen Generatoren und den Phasenlagen der Polradspannungen zu den Maschinenströmen?

Im Zuge der gleichen Entwicklung lassen sich unmittelbar die für Pendelvorgänge und Stabilitätsuntersuchungen wichtigen Grössen, wie Kopplungsreaktanzen oder Kopplungsimpedanzen, berechnen. Kurzschlußströme werden unter der Zuhilfenahme der linearen Algebra in einem beliebig verzweigten Netz rein algebraisch erfasst.

In der unter lit. 3 angeführten Untersuchung sind die Gleichungen für die Ermittlung der Scheinleistung der an einem beliebigen Ort des Netzes eingeschalteten Synchronmaschinen abgeleitet. Als Variable treten die Polradspannungen $\mathfrak{E}_i$, die Polradwinkel $\vartheta_{i,m}$ und die Leitwerte $\mathfrak{y}$ der Verbraucher und Leitungen auf. Zum bessern Verständnis der Theorie wird dort das Zweimaschinenproblem an einem Beispiel erläutert.

Eine Weiterentwicklung dieser Berechnungsgrundlagen ermöglicht, eine recht bedeutungsvolle Frage zu beantworten; sie lautet [4]): Wie sind die einzelnen Kraftwerke bei einem vorgegebenen Scheinleistungsbedarf des gesamten Netzes mit Wirk- und Blindleistung zu belasten, so dass die Synchrongeneratoren im Verbundbetrieb mit optimalem Wirkungsgrad arbeiten? Hiefür sind die Bedingungsgleichungen, und zwar eine vereinfachte und eine allgemein gültige, abgeleitet worden (lit. 4).

Bei der Berechnung mit Einschluss der vereinfachten Bedingungsgleichung wird nach dem optimalen Leistungsfaktor $\cos \psi_i$ für konstante Polradspannungen $\mathfrak{E}_i$ und Netzkonstanten $\mathfrak{y}$ gefragt, ohne dass eine Aussage über das Verhältnis der Lastverteilung der einzelnen Maschinen gemacht würde.

Bei der generellen Lösung des Problems hingegen ist die folgende Bedingungsgleichung enthalten: Das arithmetische Mittel der Einzelwirkungsgrade η_p der im Netz eingeschalteten p Maschinen oder Maschinengruppen

$$\eta_t = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \dots \eta_p}{p}$$

soll bei einem beliebigen Leistungsbedarf des Netzes ein Maximum werden. Da der Wirkungsgrad η eine Funktion des Leistungsfaktors ist, wird dieser in die Berechnung einbezogen.

Es zeigte sich, dass eine saubere und genügend einfache Darstellung der Strom-, Spannungs- und Leistungsverhältnisse nur erreichbar ist, wenn der Leistungsfaktor auf der innern Spannung $\mathfrak{E}_i$, nicht aber auf der Klemmenspannung $\mathfrak{U}^i$ ba-

[1]) Timascheff: Stabilität elektrischer Drehstromkraftübertragungen. Springer, Berlin, 1940.

[2]) Ein n-strahliger Stern lässt sich jederzeit in ein n-Seit umwandeln, nicht aber ein n-Seit, das meistens das Grundgebilde von Starkstromnetzen ist, in einen für die Rechnung zugänglichen n-strahligen Stern.

[3]) J. Müller-Strobel: Die Schein-, Wirk- und Blindleistung der Synchronmaschine in vermaschten Netzen mit mehreren Speisepunkten. E. u. M. 1942, H. 21/22, S. 224...229.

[4]) J. Müller-Strobel: Vermaschte Netze. Arch. Elektrotechn. 1942, H. 1, S. 32...42; Nachtrag: H. 5, S. 332.

[5]) Freileitungen bis ca. 200 km Länge lassen sich durch ein II- oder T-Glied ersetzen. Leitungen über 200 km Länge sind durch Kettenglieder (Längsinduktivität und Querkapazität) darzustellen.